

STUDI PENDAHULUAN PEMODELAN ARUS LALU LINTAS DI RUAS JALAN RUNGKUT ASRI KOTA MADYA SURABAYA DENGAN METODE *UNDERWOOD*

Hendro Kustarto, Hendrata Wibisana

Program Studi Teknik Sipil FTSP

Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jatim

Email: hw00198@yahoo.com

ABSTRAK

Karakteristik dari arus lalu lintas dapat dipelajari dan dianalisa dengan menggunakan beberapa metode. Pada penelitian ini salah satu metode yang digunakan adalah Metode *Underwood* yang menyatakan bahwa hubungan matematis dari arus dan kepadatan merupakan fungsi logaritmik. Dari hasil pengolahan data arus lalu lintas pada ruas jalan Rungkut Asri di kotamadya Surabaya, berdasarkan metode *Underwood* dan pengolahan grafik dengan Regresi linier diperoleh nilai Sff (kecepatan pada kepadatan terendah) diperoleh sebesar 85,357 km/jam dan nilai Dj (kepadatan tertinggi) diperoleh sebesar 66,67 (smp/km). Volume maksimum diperoleh pada kondisi kepadatan $D = 33,335$ smp/km yang bergerak dengan kecepatan $S = 43,678$ km/jam. Model matematis diperoleh sebagai berikut : $\ln S = 4,47 - 0,015 D$; $V = 87,357 D \cdot e^{(-0,015D)}$; $V = 447 S - 66,67 \ln S$

Kata Kunci: Metode *Underwood*, model, lalu lintas.

PENDAHULUAN

Pembangunan ruas jalan sebagai salah satu bentuk komitmen pemerintah dalam pembangunan infrastruktur secara menyeluruh dimaksudkan sebagai penyedia sarana transportasi yang memudahkan masyarakat setempat untuk berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya, baik dalam bidang sosial, ekonomi maupun budaya.

Sebagai salah satu sarana transportasi darat, jalan raya dimaksudkan untuk dipergunakan sebagai akumulasi berbagai kendaraan bermotor maupun kendaraan tak bermotor. Dan dalam hal ini jumlah atau volume dari kendaraan yang melintasi jalan tersebut tergantung kepada parameter yang ada yang menimbulkan "bangkitan pergerakan".

Menurut Tamin (2003), tujuan dasar bangkitan pergerakan adalah menghasilkan model hubungan yang mengkaitkan parameter tata guna lahan dengan jumlah pergerakan yang menuju ke suatu zona atau jumlah pergerakan yang meninggalkan suatu zona. Jumlah pergerakan dapat dikaitkan dengan kepadatan arus lalu lintas pada suatu ruas jalan. Kepadatan dapat diyakini berkorelasi dengan kecepatan

kendaraan serta volume kendaraan yang terjadi per kilometer ruas jalan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari model korelasi antara *volume* kendaraan, arus dan kecepatan kendaraan pada suatu ruas jalan. Ruas jalan yang diteliti pada area Rungkut Asri. Pemilihan ini didasari oleh observasi awal dimana pada ruas jalan ini sering terjadi kemacetan, volume kendaraan yang meningkat pada jam-jam tertentu, serta belum ada suatu studi yang memodelkan korelasi arus dan kepadatan pada ruas jalan ini.

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

- a) Menghitung berapa Nilai Sff dan Dmaks.
- b) Mencari model matematis antara Kecepatan-Kepadatan, Volume-Kecepatan dan Volume-Kepadatan.
- c) Menentukan berapa kapasitas (volume maksimum) dan pada kondisi yang bagaimana Volume maksimum terjadi.

TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik arus lalu lintas pada suatu area menarik untuk diteliti dan dianalisa, dimana hasil yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi dari ruas

jalan yang ada. Dalam hal ini dikenal ada 3 parameter yang utama yaitu:

- Arus (*volume*) lalu lintas.
- Kepadatan (*density*) lalu lintas.
- Kecepatan (*speed*) lalu lintas.

Menurut Tamin karakteristik ini dapat dipelajari dengan suatu hubungan matematik di antara ketiga parameter di atas yaitu kecepatan, arus dan kepadatan lalu lintas pada ruas jalan.

Hubungan matematis tersebut dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$V = D \cdot S \dots\dots\dots (1)$$

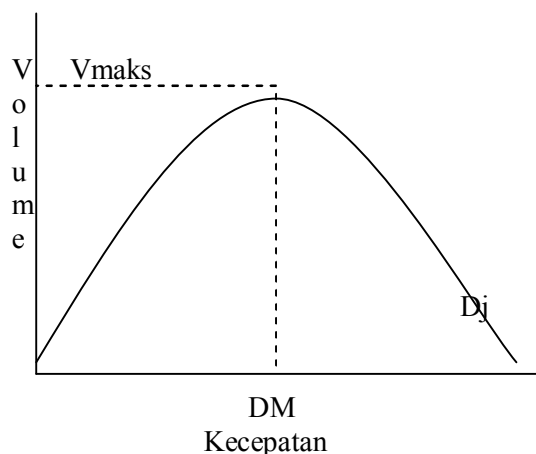
dengan :

V = arus.

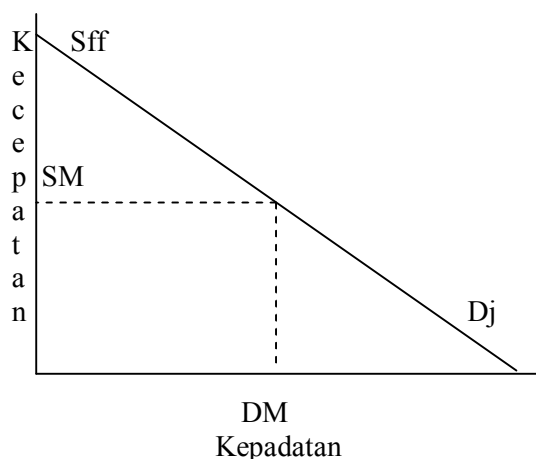
D = kepadatan.

S = kecepatan.

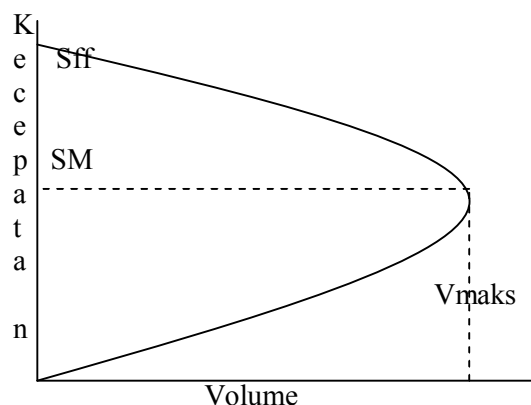
Hubungan di atas bila dijelaskan dalam gambar sebagai berikut:



Gambar 1. Kecepatan vs Volume



Gambar 2. Kepadatan vs Kecepatan



Gambar 3. Volume vs Kecepatan

Keterangan gambar :

VM = kapasitas atau arus maksimum (kendaraan /jam)

SM = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (km/jam)

DM =kepadatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum (kendaraan/ km)

Dj = kepadatan pada kondisi arus lalu lintas macet total (kendaraan/ km)

Penurunan Model yang dapat menyatakan atau merepresentasikan hubungan antara Kepadatan dan Kecepatan ada 3 yaitu :

- Model *Greenshield*.
- Model *Greenberg*.
- Model *Underwood*.

Pada penelitian ini hanya akan dibahas model yang pertama yaitu *Greenshield* dan rute yang diambil sebagai *sample* adalah ruas jalan Rungkut Asri dengan jumlah pengukuran sebanyak 22.

MODEL UNDERWOOD

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan bukan merupakan fungsi *linier* melainkan fungsi "logaritmik". Persamaan dasar model *underwood* dapat dinyatakan melalui persamaan :

$$S = Sff \cdot e^{D/Dm} \dots\dots\dots (2)$$

dengan :

Sff = kecepatan arus bebas

Dm = kepadatan pada kondisi arus maksimum (kapasitas).

Jika persamaan (2) di atas dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka

persamaan (2) dapat dinyatakan kembali sebagai persamaan (3), sehingga hubungan matematis antara Kecepatan-Kepadatan selanjutnya juga dapat dinyatakan dalam persamaan (3) :

$$\ln S = \ln S_{ff} - \frac{D}{D_m} \dots\dots\dots (3)$$

Selanjutnya hubungan matematis antara Arus – Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan persamaan dasar (1), dan dengan memasukkan persamaan :

$$S = \frac{V}{D} \dots\dots\dots (4)$$

Ke persamaan (2), diperoleh dan diturunkan persamaan selanjutnya dalam bentuk persamaan (5) dan persamaan (6) :

$$\frac{V}{D} = S_{ff} \cdot e^{D/D_m} \dots\dots\dots (5)$$

$$V = D \cdot S_{ff} \cdot e^{D/D_m} \dots\dots\dots (6)$$

Persamaan (6) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus-Kepadatan. Kondisi arus maksimum (V_m) bisa diperoleh pada saat arus $D = D_m$. Nilai $D = D_m$ bisa diperoleh dari persamaan:

$$\frac{V}{D} = S_{ff} - \frac{2 \cdot S_{ff}}{D_j} \cdot D_m = 0 \dots\dots\dots (7)$$

$$D_m = \frac{D_j}{2} \dots\dots\dots (8)$$

dengan memasukkan persamaan (8) ke persamaan (6), maka nilai V_m bias didapat dan diperoleh persamaan baru sebagai berikut:

$$V_m = \frac{D_j \cdot S_{ff}}{4} \dots\dots\dots (9)$$

Hubungan Matematis Arus-Kecepatan

Dari persamaan dasar (1) dan dengan memasukkan persamaan (9) ke dalam persamaan (2), maka dapat dimodifikasi sebagai berikut :

$$D = \frac{V}{S} \dots\dots\dots (10)$$

$$S = S_{ff} - \frac{S_{ff}}{D_j} \cdot \frac{V}{S} = 0 \dots\dots\dots (11)$$

$$\frac{S_{ff}}{D_j} \cdot \frac{V}{S} = S_{ff} - S \dots\dots\dots (12)$$

$$V = D_j \cdot S - \frac{D_j}{S_{ff}} \cdot S^2 \dots\dots\dots (13)$$

METODE

Pengambilan Data

- Survey dan pengambilan data dilakukan pada ruas jalan Rungkut Asri.
- Pengambilan data dilakukan mulai jam 06.00 WIB hingga selesai jam 17.00 WIB dengan cara menghitung jumlah

kendaraan bermotor yang melintasi ruas jalan tersebut dan di total tiap 30 menit berjalan.

- Untuk data kecepatan (S), pengambilan data dilakukan dengan terlebih dahulu mengukur panjang ruas jalan percobaan dan setelah itu dengan bantuan *stopwatch* mengukur waktu lintasan kendaraan bermotor dari titik awal ke titik akhir.

Tabulasi Data

Data yang selesai dibuat, ditabulasikan dengan bantuan program komputer *Excel* 2000 dan dilakukan perhitungan untuk D dan Xi kuadrat dan dimasukkan dalam kolom tersendiri pada *Excel*.

Analisa Data

Untuk analisa data dilakukan dengan menggunakan Regresi *Linier*:

$$Y_i = A + Bx_i \dots\dots\dots (14)$$

Dengan transformasi *linier* diperoleh:

$$\ln S = Y_i \dots\dots\dots (15)$$

$$D = X_i \dots\dots\dots (16)$$

A adalah *intercep* dengan sumbu Y, maka diperoleh $A = \ln S_{ff}$, sedangkan B adalah *gradien* atau kemiringan dari kurva sehingga diperoleh :

$$B = -\frac{1}{D_m} \quad S_{ff} = e^A \dots\dots\dots (17)$$

Untuk mencari nilai A dan B diberikan rumusan di bawah ini yang diturunkan dari metode kuadrat terkecil atau dari analisa regresi biasa :

$$B = \frac{N \sum_{i=1}^N (X_i Y_i) - \sum_{i=1}^N X_i \cdot \sum_{i=1}^N Y_i}{N \sum_{i=1}^N (X_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^N X_i^2 \right)} \dots\dots\dots (18)$$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} - B \cdot \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \dots\dots\dots (19)$$

Karena $S_{ff} = A$, maka $D_j = -(A/B)$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang diperoleh dari hasil penukuran di lapangan dinyatakan pada Tabel 1.

Tabel.1. Data Pengukuran Arus Lalu Lintas dan Kecepatan

NO	PERIODE	V (smp/jam)	S km/jam)
1	2	3	4
1	06.00-06.30	985.25	72.51
2	06.30-07.00	1565.2	64.35
3	07.00-07.30	1584.75	60.25
4	07.30-08.00	1425.32	64.35
5	08.00-08.30	1256.44	61.42
6	08.30-09.00	1026.35	65.24
7	09.00-09.30	1124.15	72.15
8	09.30-10.00	989.56	78.15
9	10.00-10.30	1045.25	72.42
10	10.30-11.00	987.56	67.66
11	11.00-11.30	854.21	75.65
12	11.30-12.00	889.54	72.34
13	12.00-12.30	1131.25	67.35
14	12.30-13.00	1251.24	58.55
15	13.00-13.30	1042.35	66.57
16	13.30-14.00	951.45	70.06
17	14.00-14.30	865.24	72.21
18	14.30-15.00	925.15	71.06
19	15.00-15.30	825.65	71.35
20	15.30-16.00	946.65	74.45
21	16.00-16.30	1045.54	70.25
22	16.30-17.00	1255.25	64.85

Untuk keperluan analisa regresi dibuat
 tambahan kolom guna perhitungan nilai D

dan X_i kuadrat.

Hasil tersebut ditampilkan pada Tabel.2

Tabel.2. Data Penghitungan Nilai Kerapatan dan Kecepatan

NO	V (smp / jam)	S (km / jam)	$d = v/s = X_i$	$\log S = Y_i$	$X_i * Y_i$	(X_i^2)
1	2	3	4	5	6	7
1	985.25	72.51	13.587781	4.283724483	58.20631013	184.6277924
2	1565.2	64.35	24.32323232	4.164336934	101.2901347	591.6196306
3	1584.75	60.25	26.30290456	4.098502572	107.802522	691.8427885
4	1425.32	64.35	22.14949495	4.164336934	92.23795989	490.6001265
5	1256.44	61.42	20.45652882	4.117735515	84.23457523	418.4695713
6	1026.35	65.24	15.73191294	4.178072778	65.72907718	247.4930847
7	1124.15	72.15	15.58073458	4.278747285	66.66602579	242.7592901
8	989.56	78.15	12.66231606	4.358630057	55.19035136	160.334248
9	1045.25	72.42	14.43316763	4.282482504	61.80978787	208.3163279
10	987.56	67.66	14.59592078	4.214495163	61.51443753	213.0409034
11	854.21	75.65	11.29160608	4.32611744	48.84881399	127.5003679
12	889.54	72.34	12.29665469	4.281377227	52.64661734	151.2077165
13	1131.25	67.35	16.796585	4.209902903	70.71199197	282.1252678
14	1251.24	58.55	21.3704526	4.06988109	86.97520094	456.6962445
15	1042.35	66.57	15.65795403	4.198254026	65.73606855	245.1715245
16	951.45	70.06	13.58050243	4.249352018	57.70833539	184.4300462
17	865.24	72.21	11.98227392	4.27957854	51.27908235	143.5748884
18	925.15	71.06	13.01927948	4.263524591	55.50801822	169.5016382
19	825.65	71.35	11.57182901	4.267597344	49.38390676	133.9072267
20	946.65	74.45	12.71524513	4.310127759	54.804331	161.6774587
21	1045.54	70.25	14.88313167	4.252060308	63.28397345	221.5076084
22	1255.25	64.85	19.35620663	4.172076911	80.75558276	374.6627351
SUM	23973.35	1513.19	354.3457143	93.02091438	1492.323104	6101.066486

RATA-RATA

16.10662338

4.228223381

Dari Tabel 2 nilai A dan B dapat dihitung dengan memakai persamaan 14, setelah lebih dahulu masing-masing kolom dalam table tersebut ditotal masing-masing kolom yang ada.

$$B = \frac{(22).(1492,323)-(354,345)(93,021)}{(22).(6101,066)-(354,345)^2}$$

$$B = \frac{32831,106 - 32961,526}{134223,452 - 125560,379}$$

$$B = -0,015$$

$$A = 4,228 - (-0,0015) * 16,107$$

$$A = 4,228 + 0,242$$

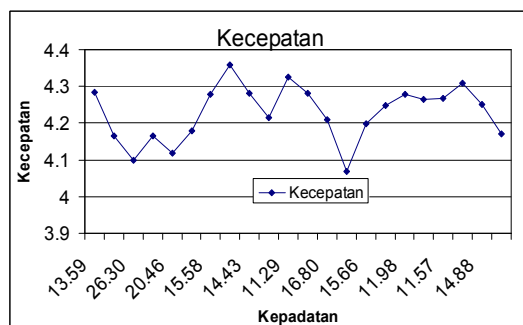
$$A = 4,47$$

$$S_{ff} = e^A$$

$$\ln S_{ff} = 4,47$$

$$S_{ff} = 87,357 \text{ km/jam}$$

$$D_m = -\frac{1}{(-0,0015)} = 66,67 \text{ smp/jam}$$



Gambar 4. Hubungan Kecepatan Dengan Kepadatan

Model matematis persamaan untuk Kecepatan-Kepadatan adalah :

$$\ln S = 4,47 - 0,015 D \dots\dots\dots (20)$$

Model matematis persamaan untuk Volume-kepadatan adalah :

$$V = 87,357 D \cdot E^{-0,015D} \dots\dots\dots (21)$$

Model matematis persamaan untuk Volume –Kecepatan adalah :

$$V = 447 S - 66,67 S \cdot \ln S \dots\dots\dots (22)$$

Volume maksimum dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (16) :

$$D_{maks} = \frac{66,67}{2} = 33,335 \text{ (smp/jam)}$$

$$S_{maks} = \frac{87,357}{2} = 43,678 \text{ (smp/jam)}$$

dengan memasukkan nilai Dmaks ke dalam persamaan (16) diperoleh nilai Vmaks :

$$V_{maks} = 87,357.(33,335 \cdot e^{(-0,015)(33,335)})$$

$$V_{maks} = 2912,05 \cdot e^{(-0,5)}$$

$$\log V_{maks} = \log(2912,05) - 0,5$$

$$\log V_{maks} = 3,46 - 0,5 = 2,96$$

$$V_{maks} = 912 \text{ smp/jam}$$

KESIMPULAN

Nilai Sff (kecepatan pada kepadatan terendah) diperoleh sebesar 87,357 km/jam.

Nilai Dj (kepadatan tertinggi) diperoleh sebesar 66,67 (smp/km).

Volume maksimum diperoleh pada kondisi kepadatan $D = 33,335 \text{ smp/km}$ yang bergerak dengan kecepatan $S = 43,678 \text{ km/jam}$.

Model matematis diperoleh :

$$\ln S = 4,47 - 0,015 D$$

$$V = 87,357 D \cdot e^{(-0,015D)}$$

$$V = 447 S - 66,67 S \ln S$$

DAFTAR PUSTAKA

- Asian Development Bank, 2003, *Panduan Keselamatan Jalan untuk Kawasan Asia Pasifik*, Asian Development Bank, Manila.
- Bhattacharyya G.K., Johnson R.A., 1977, *Statistical Concepts and Methods*, John Wiley & Sons, New York.
- Khisty C.J., Kent Lall., 2003, *Transportation Engineering An Introduction*, Third Edition, Prentice Hall, New Jersey.
- Tamin, O.Z., 2003, *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*, Edisi Kesatu, ITB, Bandung.
- Warpani S., 1990, *Merencanakan Sistem Perakutan*, ITB, Bandung.

Halaman ini sengaja dikosongkan